

Ученые Политеха первыми в России провели натурные динамические испытания ВЭУ в Арктике



Ученые Инженерно-строительного института СПбПУ ██████████ первыми в России натурных исследований ветроэнергетической установки, работающей в экстремальных условиях Арктики. Полученные уникальные данные о динамике конструкции и тепловом состоянии мерзлого основания закрывают критический пробел в знаниях для создания надежных расчетных моделей арктической энергетики.

Проектирование энергетической инфраструктуры в Арктике традиционно связано с высочайшими рисками. Экстремальные ветровые нагрузки и сложное поведение многолетнемерзлых грунтов делают стандартные инженерные модели малоэффективными. Достоверные данные можно получить только «в поле», и политеховцам это удалось.

В августе 2025 года на Западно-Хоседаюском месторождении за Полярным кругом проведен комплекс уникальных измерений на ветроустановке мощностью 120 кВт. Это первые в России натурные исследования, в которых динамика несущей конструкции ВЭУ была синхронно зафиксирована вместе с режимами работы установки и, что принципиально важно, с температурным состоянием мерзлого основания. Исследования проведены коллективом Инженерно-строительного института под руководством д-ра техн. наук, профессора Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства Виктора Елистратова. Натурные исследования выполнял аспирант Иван Ригель, ведущий инженер НОЦ «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе», при поддержке компании «ВТР Инжиниринг».

Методология: точность вместо предположений

В основе исследования — комплексный измерительный комплекс, исключающий домыслы.

Динамика конструкции — цифровой акселерометр в верхней части башни и тензометрические станции в ее основании фиксировали ускорения и напряжения в реальном времени.

Тепловое состояние основания — специально разработанная скважинная термоизмерительная система на базе высокоточных датчиков и контроллера Arduino Uno позволила впервые получить детальный профиль температуры грунта.

Ключевое новшество — синхронизация — привязка всех данных к единому времени (GPS) и режимам работы ВЭУ из SCADA-

системы. Это позволило установить прямые причинно-следственные связи между работой генератора, вибрациями башни и реакцией грунта.

В результате получены **уникальные данные** — эталонные значения для валидации расчетных моделей:

Динамический «отпечаток». Выделены доминирующие частоты и амплитуды колебаний конструкции для различных режимов работы ВЭУ — от простоя до генерации на полной мощности.

Температурный репер. Установлено, что глубина сезонного оттаивания основания составляет 2,25 метра. Эта цифра, полученная эмпирически, имеет фундаментальное значение для прогноза несущей способности фундамента.

Синхронизированный массив данных. Создан коррелированный массив данных «нагрузка — отклик конструкции — реакция основания».

Научная и практическая значимость

До этого исследования проектировщики арктических ВЭУ часто работали с моделями, не прошедшими полноценную валидацию на реальных объектах. Теперь у научного и инженерного сообщества есть факты.

Полученные результаты — не просто отчет о проделанной работе. Это инструмент для взлома одной из главных проблем арктической энергетики. Данные уже используются для валидации и тонкой настройки методов аэросервоупругого и теплофизического моделирования. Это прямой путь к созданию цифровых двойников арктических ВЭУ, способных корректно прогнозировать их поведение и ресурс.

«Выполненное натурное исследование динамических характеристик ВЭУ, эксплуатируемой на многолетнемерзлом основании в Арктике проведено впервые в России. Также впервые аспирантом проведено фактическое измерение температуры основания, показавшее, что глубина сезонного оттаивания (переход через 0°C) составляет 2,25 м., — комментирует профессор **Виктор Елистратов**. — Полученные данные уникальны и представляют особый интерес для эксплуатации ВЭУ на многолетнемерзлом основании в Арктической зоне Российской Федерации, а также создания достоверных методов и моделей для проектирования и повышения эксплуатационной надежности объектов арктической ветроэнергетики».

Научные работы осуществлены в рамках исследования, выполняемого за счет гранта Российского научного фонда № 25-29-00497.